



TESTOVÁNÍ METODIKY ŠÍKMÝCH ŘEZŮ

TESTING OF OBLIQUE CROSS – SECTION METHODIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

STUDIJNÍ PROGRAM: TEXTIL B3107

STUDIJNÍ OBOR: TEXTILNÍ MARKETING A TECHNOLOGIE

Autor práce:

Tatyana Kim

Vedoucí práce:

Ing. Monika Vyšanská, Ph.D.

POČET STRAN TEXTU.....	27
POČET OBÁZKŮ.....	20
POČET TABULEK.....	1

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tatyana Kim**
Osobní číslo: **T08000446**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní marketing**
Název tématu: **Testování metodiky šikmých řezů**
Zadávající katedra: **Katedra textilních technologií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Provedte průzkum problematiky sledování vnitřní struktury příze.
2. Určete reprezentativní počet šikmých řezů pro popis uspořádání vláken v celé přízi.
3. Ověřte funkčnost metodiky šikmých řezů na různých typech příze.
4. Diskutujte závěry.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **cca 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] Vyšanská, M.: Metodika šikmých řezů - přístup k morfologické diagnostice příze, disertační práce, TUL, Liberec, 2006.
- [2] Neckář, B.: Příze - výroba, struktura a vlastnosti, SNTL Praha, 1991.
- [2] Hearle, J. W.S et al.: TRJ, 1956.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Monika Vyšanská, Ph.D.

Katedra textilních technologií


Konzultant bakalářské práce:

RNDr. Zdeněk Kalousek, CSc.


Katedra aplikované kybernetiky

Datum zadání bakalářské práce: **30. října 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2012**


prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.
děkan




doc. Dr. Ing. Dana Křemenáková
vedoucí katedry

V Liberci dne 27. října 2011

Technická univerzita
v Liberci
Fakulta textilní
Katedra textilních
technologií
Studentská 2
461 17 Liberec

Tatyana Kim

17. listopadu 584
460 15 Liberec 15

ŽÁDOST

Žádám o prodloužení termínu odevzdání bakalářské práce o školní rok 2012/2013

Důvod prodloužení: nesplnění podmínek studia

Název bakalářské práce: Testování metodiky šikmých řezů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Bc. Monika Vyšanská, PhD.

Podpis



V Liberci dne 20. 05. 2013

Vyjádření vedoucího práce:

ROUSILAS' M 

Vyjádření vedoucí katedry:



Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalařskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalařské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalařskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mně požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalařskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalařské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování vedoucí mé bakalářské práce Ing. Monice Vyšanské, Ph.D. za její pomoc, cenné rady, půjčenou literaturu a za velkou trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Děkuji také vedoucí laboratoře paní Šárce Řezníčkové za její čas, který mi věnovala při získání potřebné informací.

Anotace

Tématem bakalářské práce je testování nově navržené metodiky šikmých řezů. Cílem je popsat vliv technologií výroby na vnitřní strukturu příze.

Rešeršní část popisuje vývoj názoru na vnitřní uspořádání příze, používané a alternativní metodiky diagnostiky struktury příze. Zahrnuje také popsání samotné metodiky a stručný přehled třech typů technologií výroby příze.

Experimentální část předkládá výsledky testování metodiky pomocí srovnání s ideálním šroubovicovým modelem a ověření její funkčnosti na různých typech příze.

Klíčová slova

Metodika šikmých řezů, vnitřní struktura příze, ideální šroubovicový model

Annotation

The topic of this thesis is testing of a newly proposed methodic of oblique cross sections. The goal is to describe the influence of manufacturing technology via the internal structure of the yarn.

The research section describes the evolution of view on the internal arrangement of the yarn, common and alternative diagnostic methods of yarn structure. The section also includes a description of the methodic itself and a brief overview of three types of the yarn production technologies.

The experimental section presents the testing results of the methodic by comparison with the idealized helical model and verifying its functionality on different types of yarn.

Key words

Methodic of Oblique Cross-sections, internal structure of the yarn, idealized helical model

Seznam použitých zkratk a symbolů

IŠM – ideální šroubovicový model

DVI – Digital Volumetric Imaging

CCD – charge-couple device

CT – Computer Tomography

VS – viskozová příze

β [°] – úhel sklonu vláken vůči ose příze (zároveň charakteristika zákrutové migrace)

α [°] – úhel odklonu od (k) ose příze (zároveň charakteristika radiální migrace)

φ_0 [°] – úhel sklonu řezné roviny vůči ose příze

t_0 [°] – tloušťka šikmého řezu

ψ_0 [°] – úhel, který svírá převažující směr elementů vláken v řezu s x-ovou osou

$T_{příze}$ [tex] – jemnost příze

$T_{vlákna}$ [tex] – jemnost vlákna

$D_{vlákna}$ [mm] – průměr vlákna

V [mm³] – plocha řezných plošek vláken v průřezu příze

V_c [mm³] – plocha celého průřezu příze

r – poloměr šroubovice vlákna

Z [1/m] – zákrut příze

$[x_{hi}, y_{hi}]$,

$[x_{di}, y_{di}]$ – souřadnice středu „horního s dolního konce“ vlákna

$[x_{Thd}, y_{Thd}]$ – souřadnice elementu vláken a souřadnice těžišť horní a dolní řezné roviny

ρ [kg.m-3] – hustota vlákenného materiálu

OBSAH

1 Úvod.....	7
REŠERŠNÍ ČÁST.....	8
2 Vnitřní uspořádání příze.....	9
2.1 Pojem příze a zaplnění.....	9
2.2 Ideální šroubovicový model.....	9
2.3 Migrace vláken.....	10
3 Používané metody sledování vnitřní struktury příze.....	12
3.1 Metoda značených vláken.....	13
3.2 Metoda sekvencí.....	13
4 Alternativní metodiky pro sledování vnitřní struktury textilních materiálů.....	14
4.1. Digital Volumetric Imaging.....	14
4.2 Tomografie.....	15
5 Metodika šikmých řezů.....	16
6 Stručný popis různých typů přízí z hlediska technologie.....	17
6.1 Konstrukce.....	17
6.2 Prstencová příze.....	17
6.3 Rotorově předená příze.....	18
6.4 Vortex.....	19
6.5 Předpoklady o zkoušených přízích.....	20
7 Zpracování šikmých řezů.....	21
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	24
8 Laboratorní přístup.....	25
8.1 Příprava vzorků pro zpracování.....	25
9 Určení nezbytného počtu řezů pro popis vnitřní struktury příze.....	26
10 Porovnání migračních charakteristik.....	27
11 Míry rozptýlení hodnot migračních charakteristik α a β	31
12 Diskuze.....	33
13 Závěr	35
Seznam použité literatury.....	36

1 Úvod

Jakost a užité vlastnosti textilií přímo souvisí s vnějšími a vnitřními vlastnostmi příze. Kvalita a vlastnost příze je ovlivněna řadou faktorů - od typů a vnitřního složení vláken po způsoby technologií výroby textilií. Máme-li k dispozici znalosti o příze, pak je možné sestavit představu o tom, jak bude vypadat výsledná textilie. Proto studium vnitřní a vnější struktury příze je nezbytnou částí textilní výroby.

Tato práce se zabývá vlivem technologií výroby na vnitřní strukturu příze, jak se struktura mění v závislosti na technologii. Cílem této práce je průzkum možností a alternativ pro sledování vnitřní struktury příze. Předmětem zkoumání je migrace a směrové uspořádání vláken.

Práce je rozdělena do dvou částí – rešeršní, která popisuje teorii o vnitřním uspořádání vláken v přízi a popisuje různé metodiky pro zkoumání vnitřní struktury. Hlavním tématem práce je však nově vyvinutá metodika šikmých řezů, která vychází ze stávajících metodik a navrhuje nový přístup k popisu směrového uspořádání vláken z hlediska laboratorního přístupu. Praktická část předkládá výsledky testování metodiky šikmých řezů a ověření její funkčnosti na různých typech příze. Bylo provedeno zjištění reprezentativního počtu řezů pro popis chování vláken v celém objemu příze, porovnání migračních charakteristik s ideálním modelem a srovnání míry rozptýlení dat v rámci technologií.

Jako základ pro danou práci posloužila disertační práce Ing. M. Vyšanské Ph.D. a vědecká díla profesore B. Neckáře. Také byl použit materiál výzkumných prací, převzatých z webu „Textile Research Journal“.

REŠERŠNÍ ČÁST

2. Vnitřní uspořádání příze

2.1 Pojem příze a zaplnění

Příze je významným poloproductem textilní výroby. Je to délková textilie ze spřadatelných vláken zpevněná zakroucením při předení. Mnohá specifika příze jsou důsledkem zaplnění. Zaplnění je bezrozměrná veličina vyjadřující podíl celkového prostoru příze zaplněný objemem vláken.

$$\mu = V / V_c \quad (1)$$

kde V – souhrnný objem všech vláken, V_c – celkový objem příze [1].

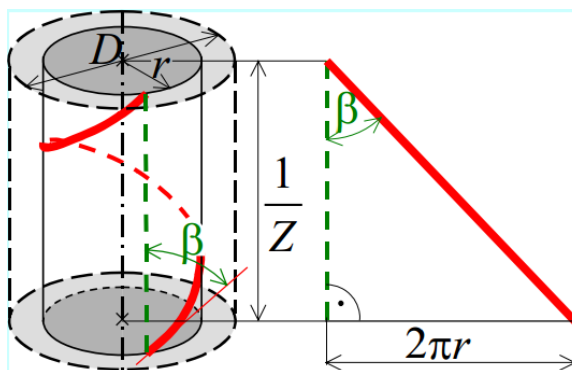
2.2 Ideální šroubovicový model

Tvorba příze je pojmána jako postupné vytváření tvarů vláken a vzájemného uspořádání vláken. Tvary a vzájemné uspořádání skutečných vláken v jednotlivých okamžicích tvorby příze jsou výsledkem řady složitých dějů. Reálné studium alespoň těch nejpodstatnějších je odedávna založeno na užití vhodně zjednodušených představ modelů. Základním a současně nejstarším pojetím tvorby příze je model vytváření soustavy sousých šroubovic z výchozího pramínku rovnoběžných vláken. Model sousých šroubovic předpokládá existenci společné osy kroucení – osy příze, kolem níž se ovíjejí jednotlivá vlákna. Z této ideje vycházel již Koechlin, v r. 1828.

Model sousých šroubovic vychází z následujících předpokladů:

1. Příze je vytvořena z rovnoběžné soustavy – pramínku – idealizovaných nekonečných vláken.
2. Každé vlákno tvoří zakrucováním šroubovici, jejíž osa je současně společnou osou kroucení všech vláken.
3. Na dané délce krouceného útvaru, mají šroubovice všech jeho vláken stejný počet ovínu.
4. Šroubovice všech vláken leží uvnitř myšleného válce s průměrem D .
5. Zaplnění $\mu = V / V_c$ je ve všech místech krouceného útvaru stejné.
6. Hodnota zaplnění je konstanta, nezávislá na tvarech vláknenných šroubovic (tj. nezávislá na míře zakroucení) [1].

Model souosých šroubovic dále bude označován pracovníě jako Ideální šroubovicový model (IŠM). Jedním ovinem šroubovice vlákna se rozumí obtočení osy o úhel 2π . (obr.1)



Obr. 1: Šroubovice vlákna na obecném poloměru r [2]

r – poloměr šroubovice vlákna

$1/Z$ – délka jednoho ovinu

β – úhel sklonu vlákna vůči ose příze

Rozvinutím pláště válce vznikne trojúhelník, ze kterého nalezneme

$$\tan \beta = 2\pi r Z \quad (2)$$

Z – zákrut příze

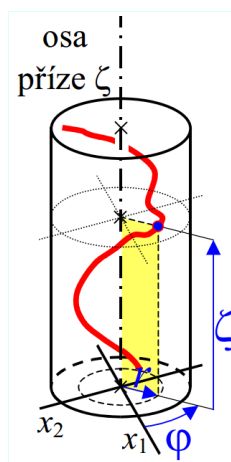
Zákrut příze Z je počet ovinů vztažených na jednotkovou délku příze. Zákrut příze souvisí s jemností příze, průměrem příze a zaplněním. Exaktní popis struktury příze z hlediska uspořádání vláken je velmi složitý, proto se často užívá šroubovicový model příze [2].

2.3 Migrace vláken

IŠM nezobrazuje tvorbu a strukturu příze zcela reálně. Příze vytvořená ze staplových vláken by se např. musela samovolně rozpadnout. Ve skutečnosti jsou ovšem jednotlivá vlákna vzájemně „propletená“ a díky tomu je výsledný útvar samosvorný. Samosvornost příze je zapříčiněná třemi následujícími faktory:

- Zákrutem příze
- Mezivlákněm třením v přízi
- Migrace vláken v přízi

Otázky vzniku a geometrie skutečného tvaru vláken v přízích se začaly studovat v první polovině 20. století. Pro odlišnost křivky reálného vlákna od šroubovice použil poprvé W. E. Morton název *migrace*. Jev migrace je možno definovat jako odlišnost prostorových křivek reálných vláken od šroubovice. Obecně je migrace souhrnem obou složek. Má-li vlákno proměnlivou vzdálenost r od osy příže, existuje u něj *radiální migrace*. Má-li vlákno proměnnou hodnotu zákrutu Z , lze hovořit o *zákrutové migraci*. Existují dva základní okruhy příčin vedoucích k migraci. Prvním je orientace vláken ve výchozím pramínku. Pramínek se přetváří v přízi a směrová uspořádanost jeho vláken se zobrazuje v migraci. Lze ji do jisté míry ovlivňovat procesem tvorby, ve své podstatě je však předurčena použitým pramínkem. Může proto být nazvána *vnesenou migrací*. Druhý okruh příčin tvoří vyrovnávací děje probíhající procesem tvorby. Obvykle vzniká nesoulad mezi dodávanou a potřebnou délkou vláken v jednotlivých místech příže. Mezi dodávaným a potřebným objemem materiálu vznikají disproporce a vyrovnávání objemů způsobuje migraci [1]. Obr. 2 ukazuje, jak přibližně může vypadat migrace vlákna.



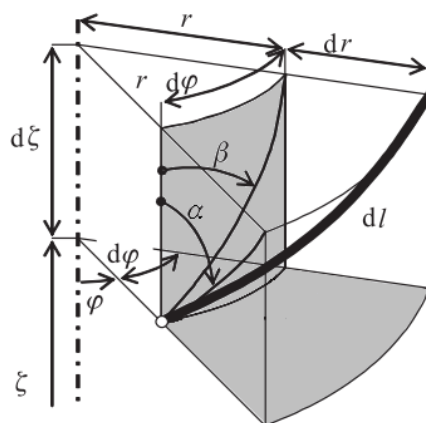
Obr. 2: Křivka migrujícího vlákna v přízi [2]

r , φ , ζ – jsou válcové souřadnice, popisující označený bod.

Geometrické vlastnosti vyplývající z migrace je třeba sledovat dvojím způsobem, a to:

- a) na jednotlivých krátkých úsecích vláken.
- b) na jednotlivých vláknech jako celcích.

Obecný element vlákna ve válcových souřadnicích je znázorněn na obr. 3. Jeho délka dl vymezuje tělesovou úhlopříčku diferenciálního kváдру s hranami o délce dr , $d\varphi$, $d\zeta$.



Obr. 3: Geometrie obecného elementu migrujícího vlákna [5]

Z geometrie můžeme odvodit vztahy:

$$\operatorname{tg} \alpha = dr/d\zeta \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \beta = d\varphi/d\zeta \quad (4)$$

Uhel α , který je znázorněn na obr. 3, představuje radiální migraci, průběh úhlu od 0° na každém poloměru celého R příze, kde jsou umístěna jednotlivá vlákna. Změny na jednotlivých krátkých úsecích vláken uvnitř poloměru R představují zákrutovou migraci, která ukazuje odchylku úhlu β na každém poloměru celého R příze.

V experimentální části práce bude zkoumána radiální a zákrutová migrace – hodnoty úhlů α a β , jak se mění velikost úhlu α v závislosti od technologie výroby a odchylka hodnoty úhlu β od IŠM [1].

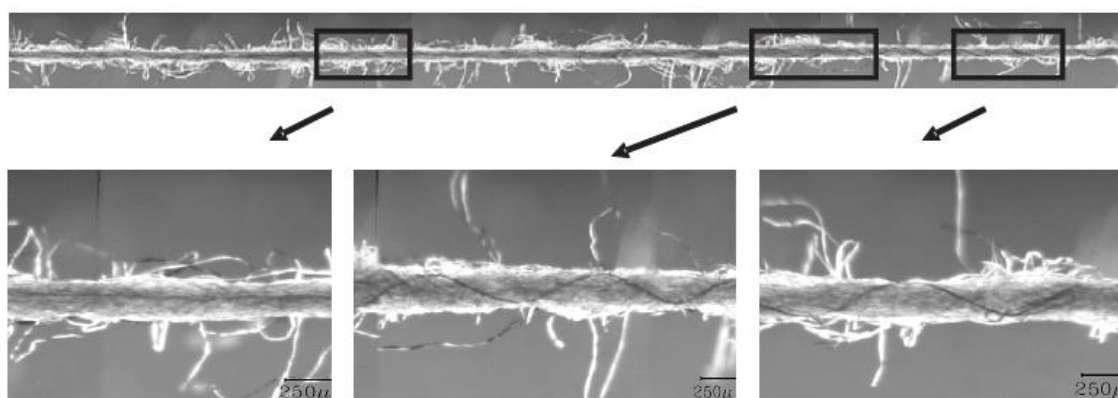
3. Používané metody sledování vnitřní struktury příze

Struktura přízí hraje klíčovou roli v určování jejich fyzikálních vlastností a charakteristiky přízí a tkanin. Nejlepší způsob jak studovat vnitřní strukturu přízí, je zkoumání uspořádání jednotlivých vláken v přízovém tělese a analýza jejich migraci v příčném a podélném průřezu. To vyžaduje vizuální pozorování cesty jednoho vlákna v přízi. Vzhledem k tomu, že vlákno je relativně malý prvek, mají být využívány pro jeho pozorování některé specifické techniky. Za účelem zaplnění tohoto úkolu byly vyvinuty dvě různé experimentální techniky [4].

3.1 Metoda značených vláken

Metodu poprvé užíli Morton a Summers při studiu vláken v mykaném pramenu, později pak Morton a Yen pro analýzu tvaru vláken v přízi.

Pozorování jednotlivých vláken v struktuře u kroucené příze, bylo možné za použití techniky značených vláken. Při použití této techniky je malá část (se liší mezi 0,02 až 1,00% hmotnosti v závislosti na konečném produktu) obarvených vláken zavedená do mykacího procesu, zbytek vláken je nezabarvený. Výsledný konečný produkt (pásek, svazek, nebo příze) se pak ponoří do imerzní kapaliny, která má stejný index lomu jako u neobarvených vláken. Pak je příze zkoumána pod mikroskopem a je vidět, že nezabarvená vlákna téměř zmizí z pohledu a cesta každého obarveného vlákna je jasně rozpoznatelná. Značené vlákno je dobře viditelné jako šroubovice na nezabarveném pozadí přízového tělesa. Pozice a výšky vrcholů obarvených vláken vůči imaginární ose příze jsou migračními parametry. Jde o střední polohu vláken, střední kvadratickou odchylku, průměrnou intenzitu migrace a o migrační faktor. Používají se pro charakterizaci migračního chování sledovaného pod mikroskopem. Tato metoda byla navržena Mortonem pro studium staplových optických vláken. Později metoda značených vláken byla použita pro studium dalších vláken [3].

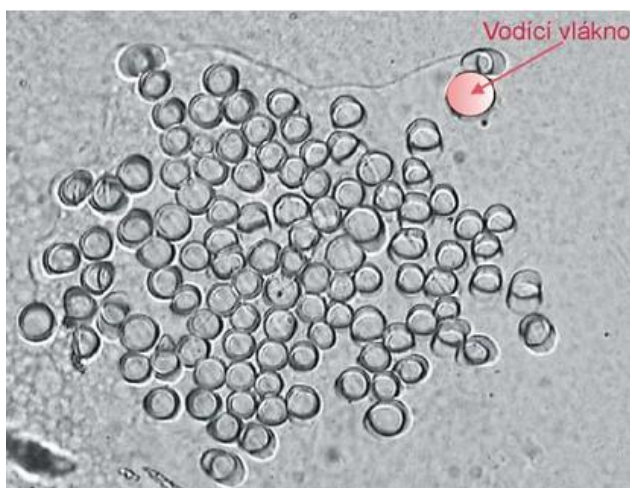


Obr. 4: Uspořádání obarveného vlákna v přízi Vortex [3]

3.2 Metoda sekvencí

Metoda, která popisuje vnitřní strukturu příze, je nazývána metoda příčných řezů. Příčné řezy zobrazují hustotu vlákenného materiálu, počet vláken v řezu a mohou vyjadřovat i některé souvislosti směrového uspořádání vláken [4].

Podstata metody spočívá ve vytvoření velkého počtu příčných řezů minimálně vzdálených od sebe. V každém řezu označují středy řezných plošek jednotlivých vláken. Tyto polohy se z řezu na řez mění. U každého vlákna se pak určuje, v kterém bodě protíná jeho osa sousední řeznou rovinu. Systematickým přechodem z řezu na řez je pak možné zrekonstruovat prostorové křivky jednotlivých vláken. Metoda poskytuje dokonalou představu o vnitřní struktuře příze, ale vyžaduje velké množství řezů. Obr. 4 ukazuje začáteční studium prostorových křivek, popisující správné orientace jednotlivých řezů pomocí „vodícího vlákna“ [4].

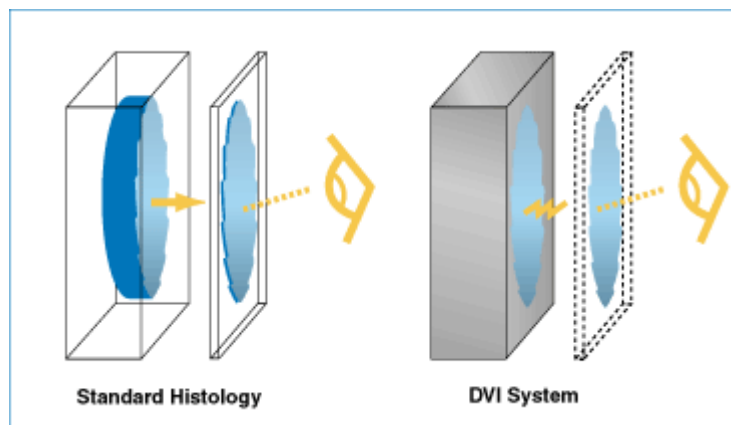


Obr. 5: Ukázka jednoho řezu ze sekvence řezů (PES, $D_{\text{vlákna}}=0,12 \text{ mm}$) s vodícím vláknem (PES hedvábí, $D_{\text{vlákna}}=0,21 \text{ mm}$) [4].

4. Alternativní metodiky pro sledování vnitřní struktury příze a textilních materiálů

4.1 Digital Volumetric Imaging

DVI Systém pracuje na principu snímání povrchu materiálu. Vstupní vzorky jsou mořeny fluorescenční barvou, pak upevněny v polymeru, který má speciální optické vlastnosti. Po každém sejmutí CCD kamerou diamantový nůž odřízne několikamikrometrový úsek a opět sejme 2D obraz povrchu. Hlavním elementem je obrazový systém, který dokáže přetvořit 2D sekvence do třírozměrného prostoru. Tímto způsobem je DVI systém schopen analyzovat 100 i více mm^3 , např. obr. 6 [4].

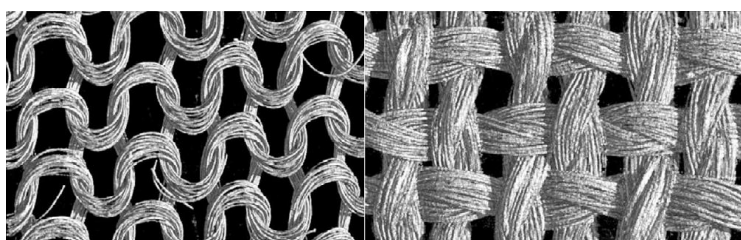


Obr.6: Rozdíl mezi klasickými řezy a DVI Systémem [4].

4.2 Tomografie (Tomography technique)

Tomografie je zobrazování zkoumané oblasti po částech pomocí zdroje X-paprsků. Vzorek je snímán X-paprskem a dále následuje 3D rekonstrukce.

Počítačová tomografie (CT) je unikátní technika pro nedestruktivní charakterizaci textilního materiálu. Umožňuje také vizualizaci trojrozměrné struktury složitých netkaných textilií [5].

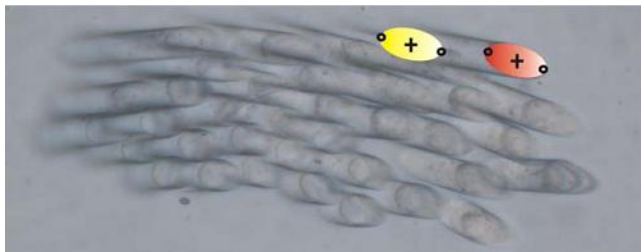


Obr. 7: Struktura jednoduchých vzorků textilií rekonstruovaných pomocí techniky objemové vizualizace [5].

5. Metodika šikmých řezů

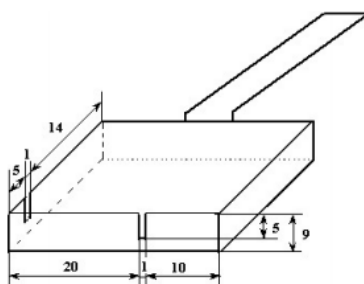
Tvorba příčných řezů dostatečně fixovaným přízovým tělesem je jedním ze způsobů zkoumání

Pro zkoumání migrace a směrového uspořádání vláken v přízi je nutné znát dráhu daného vlákna nebo alespoň dráhu jeho dostatečně dlouhého elementu, který nám může ukazovat jeho směr. Pro zkoumání směrového uspořádání vláken v přízi vznikla myšlenka šikmých řezů. Šikmý řez dovoluje odečíst souřadnice krajních bodů elips řezných plošek vlákna (černá kolečka na obr. 8) a z nich vypočíst těžiště „horního i dolního konce vlákna“ (obr. 8 – černé křížky), tj. konce vláken v horní a dolní řezné rovině.



Obr. 8: Ilustrační šikmý řez s vyznačeným „horním a dolním koncem“ vlákna [4].

Každý šikmý řez je prováděn pod doporučeným úhlem 15° vůči ose přízového tělesa z tloušťkou $15\mu\text{m}$, viz [4]. Jako fixovací medium sloužilo nejprve zředěné (smáčedlem Spolion 8), potom koncentrované lepidlo aplikované na samotnou přízi. Pro požadovanou polohu příze byla vytvořená zalévací vanička (obr. 9), upevnění příze zajistil parafin s voskem [4].



Obr. 9: Náčrt zalévací vaničky pro šikmý řez pod úhlem 15° [4].

V práci byla zpracovaná 100%-ní VS příze v rámci technologie – prstencová, rotorová, Vortex.

6 Stručný popis v práci sledovaných přízí z hlediska technologie

6.1 Konstrukce

Konstrukce přízí a nití se liší podle toho, z jakých jsou vláken, jaká je délka vláken, popřípadě jak jsou dodatečně upravovány. V dnešní době existují převážně tři technologie vyráběných přízí:

1. prstencové příze, mezi které patří: mykané, poločesané a česané
2. příze s volným koncem, mezi které patří rotorové a frikční
3. vzduchem předené příze.

Mezi jemností, zákrutem a průměrem příze existuje vzájemné přiřazení, které bylo mnohokrát experimentálně prokázáno. Fyzikálně je zřejmé, že hrubší příze, obsahující větší množství vláken v příčném řezu, budou mít větší průměr než příze jemnější. Se zvyšujícím se zákrutem jsou ovšem vlákna více stlačována, a tím se průměr zmenšuje. Problémem vnitřní mechaniky příze při stlačování vlákenného materiálu je přiřazení jemnosti T , zákrutu Z a průměru D [1].

Přízi rozlišujeme podle způsobu tvorby trvalého zákrutu u dopřádacích systémů.

6.2 Prstencová příze

Je to nejvíce používány druh příze (bavlnářské, vlnářské, lnářské). Liší se v tom, zda je mykaná z hrubších vláken nebo česaná z jemnějších vláken – oba tyto typy mají obvodová vlákna urovnána ve tvaru šroubovice. Zakrucování u prstencového dopřádacího systému se provádí pomocí obíhajícího běžce na prstenci. Pohyb běžce je zajišťován pomocí naháněného vřetene prostřednictvím odváděné příze. Schéma systému: vřeteno, prstenec, běžec. Udílení trvalého zákrutu u prstencového dopřádání je zajišťováno běžcem obíhajícím po prstenci za současného navíjení. Běžec v rámci systému vřeteno – běžec - prstenec realizuje zákrut i navíjení příze. Zákrut je soustředěn kolem osy příze a zmenšuje se od středu k povrchu příze. Prstencová příze má nerovnoměrnou tloušťku, hodnota zákrutu se mění po celé délce příze [7].

6.3 Rotorově předená příze

Bezvřetenový rotorový dopřádací systém se člení na hlavní části: ojednocovací ústrojí, odtahové a navíjecí ústrojí. Obecnou charakteristikou bezvřetenových systémů je odlišný způsob tvorby zákrutu u příze. Pro danou skupinu je typické oddělení procesu zakrucování a navíjení a zajištění podmínky rotace volného konce příze. Pro bezvřetenové předení příváděcí orgán a odváděcí orgán nerotují kolem osy vlákenného produktu, ale v oblasti mezi podávacím a krutným ústrojím se realizuje ojednocení vláken podávaného vlákenného produktu. Odstranění mezivláknenných kontaktů je podmínkou a předpokladem pro následné uskutečnění zakrucovacího procesu. Vlákná sledují jistý směr zákrutů, ne tak přesně jako u prstencových přízí a v nepravidelných vzdálenostech se vyskytují tzv. „ovinky“ [7].

Odlišný systém tvorby rotorové příze v porovnání s prstencovým dopřádáním vede k odlišné struktuře u rotorové příze a tím i samozřejmě k odlišným vlastnostem. U rotorové příze jsou hodnoty poměrné pevnosti nižší, ale variační koeficient jemnosti a vzhled je lepší v porovnání s odpovídající klasickou přízí. Hmotná nestejnomyšnost rotorové příze je nižší než u klasické příze. Nižší pevnost rotorové příze se vysvětluje nižší úrovní průměrného koeficientu napřímění a zapředení vláken, neboli nižším využitím délky vláken ve struktuře příze [7].

V posledních výzkumných pracích se uvádí výrazně nižší úroveň amplitudy migrace u přízí rotorových v porovnání s klasickými. Kvůli vlivu cyklického druzení hmotová nestejnomyšnost rotorové příze je nižší než u prstencové [7].

Z dalších vlastností uvedme vyšší objemnost rotorové příze i při poněkud vyšším zákrutu, menší počet vad, nižší chlupatost [7].

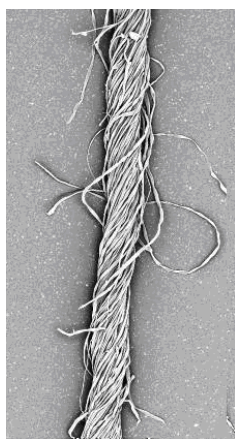
Kvůli nižší úrovni zapředení vláken a jejich nižší migraci, z výše uvedeného textu lze usoudit, že rotorová příze má větší hodnotu zaplnění než prstencová. Vlákná v její vnitřní struktuře jsou více stlačovaná a jejich poloha je tak říkajíc více kolmá vůči ose v porovnání s prstencovou. Vlákná mají větší úhel sklonu vůči ose příze a to znamená, že mají větší hodnoty úhlu α a větší odchylky úhlu β od IŠM(viz kap. 2.3) než příze prstencová. Naopak, vlákná v prstencové přízi jsou více uvolněná a díky technologii dopřádání více odpovídají tvaru šroubovic.

Klasické příze se vyznačují velmi dobrou kvalitou, ale jsou předeny s poměrně nízkou výstupní rychlostí cca 20 m/min v závislosti na použitém materiálu a jemnosti příze. Použití rotoru místo prstence přineslo zvýšení produkce (výstupní rychlosti 150-180 m/min dle parametrů suroviny a příze), ale pokles kvality, zejména pevnosti příze.

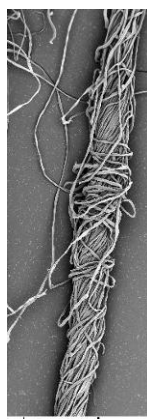
6.4 Vortex

Příze Vortex je při předení zakrucována proudem vzduchu, což umožňuje výstupní rychlosti až 450 m/min. Příze se vyznačuje typickou svazkovou strukturou na rozdíl od převážně šroubovitého zakroucení jednotlivých vláken u klasických přízí (viz obr. 9, c)). U příze Vortex a rotorové příze není možno běžným způsobem definovat zákrut, který ovlivňuje zaplnění a tím i další charakteristiky příze [9].

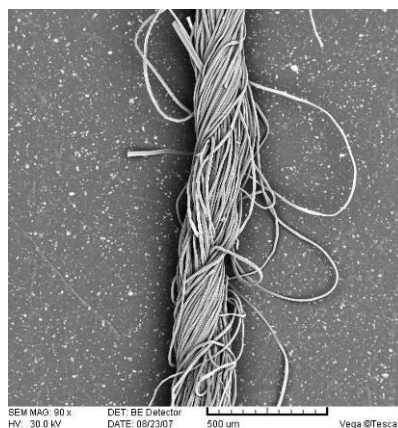
V technologii VORTEX špičky vláken jsou zaměřené na střed příze pomocí proudu stlačeného vzduchu tak, aby střed příze byl vždy pevný, aniž by byl zkroucený. Jiné špičky tvoří vnější vrstvu, která ovine další vlákno. Technologie VORTEX vyrábí nový typ příze, který ve srovnání s konvenčními typy příze má větší stejnoměrnost a nemá tendence k rozmotávání [8].



a) prstencová příze



b) rotorová
příze



c) příze Vortex

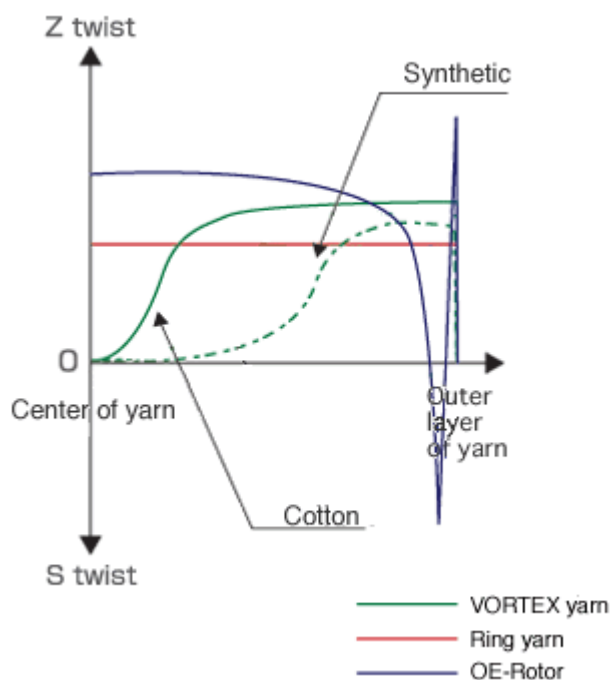
Obr. 10. Povrchová struktura přízí vyrobených různou technologií [9]

Obr. 10 znázorňuje vliv technologie výroby příze na její povrchovou strukturu. Zobrazené příze jsou vyrobeny ze stejného materiálu a mají téměř stejnou jemnost. Změna je pouze v technologii výroby.

6.5 Předpoklady o zkoušených přízích

Zaplnění se po průřezu příze mění. Nejvyšších hodnot dosahuje v jádře příze, kde jsou vlákna nejvíce stlačena vnějšími vrstvami zakroucených vláken. Směrem k povrchu přes oblast husté chlupatosti k oblasti řídké chlupatosti zaplnění klesá.

Vezmeme-li v úvahu rozlišení mezi povrchovou a vnitřní strukturou různých přízí, můžeme sestavit konkrétní předpoklady, které jsou uvedené na obr. 11.



Obr. 11. Zákrutová struktura 3 typů příze [8]

Gráfy na obr. 11 ukazují modelovou představu o vnitřní struktuře příze. Vertikální osa představuje směr zákrutu, horizontální osa ukazuje vzdálenost od centra příze. Červená přímka představuje přízi prstencovou a podle představy kvůli technologiím výroby je zákrut příze přibližně stejný po celé délce přízového tělesa. Hodnota zákrutu rotorové příze je vyšší než u příze prstencové, ale směrem k vnější straně přízového tělesa prudce klesá. Důvodem tak rapidního poklesu zákrutu na povrchu rotorové příze jsou s největší pravděpodobností jsou ovinky. Z tohoto grafu je vidět, že u rotorové a prstencové příze v centru přízového tělesa není skoro žádná migrace. Vortex (zelené křivky na obr. 11) má v centru příze nulový zákrut, nezávislý na materiálu. V případě 100%-ní bavlny se vlákna začínají zakrucovat blízko středu příze. U příze ze syntetických vláken nezakroucená plocha je větší, zákrut se lehce zvětšuje. Podle ideální představy to

znamená, že vnitřní svazek vláken nemá žádný zákrut (podle (2), $Z=0$, tudíž úhel β je také nulový) a stužka vláken na povrchu příze je opatřena zákrutem. Vzhledem k tomu, že v experimentu byla použita 100%-ní viskozová příze, předpokládáme, že pro náš případ platí tečkovaná křivka.

Dále následuje stručný popis laboratorního zpracování vzorku přízí.

7 Zpracování šikmých řezů.

Jak již bylo zmíněno v kap. 5, šikmé řezy se provádějí pod úhlem 15° s tloušťkou $\sim 15\mu\text{m}$, viz [4]. Řezy byly provedeny na Mikrotomu AO 820. Laboratorní příprava spočívá ve výběru určitého počtu řezů ze 100m přadénky zkoumané příze (za hodnotu jemnosti bereme střední hodnotu vypočtenou z 10 měření), v jejich fixaci (viz kap. 5), umístění do laboratorní vaničky (obr. 9), zchlazení vzorků a vytvoření šikmého řezu.

Vytvořený řez je snímán světelným mikroskopem ve dvou rovinách řezu (horní a dolní), při zvětšení objektivu 10x. Pak je snímán řez zobrazen v systému obrazové analýzy NIS Elements na monitoru a uložen ve formátu *.jp2, který zachovává informaci o kalibraci. Dvě sejmuté roviny řezu, v kterých jsou „dolní“ a „horní“ konce vláken (obr. 8) se ukládají do párově označených souborů. Speciálně vytvořeným makrem *SikmeRezy.mac*, viz [10] následuje zpracování řezů pomocí obrazové analýzy – měření velikosti řezných plošek vlákna v horní a dolní rovině řezu přízí s cílem určit směrové uspořádání vláken ve sledované přízi prostřednictvím vybraných parametrů.

Data z šikmých řezů, osm souřadnic okrajových bodů řezné plošky vlákna (obr.8) pro „horní“ a „dolní“ konec, jsou dále zpracovávána v programem *SIK.REZ.exe*.

Ze dvou protilehlých bodů, charakterizující tvar řezné plošky vlákna, je vypočten aritmetický průměr – jejich střed. Souřadnice středů „horního a dolního konce“ vlákna $[x_{hi}, y_{hi}]$, $[x_{di}, y_{di}]$ jsou jedinými vstupními parametry pro matematické zpracování šikmého řezu. Z vypočtených souřadnic středů vláken jsou pak odhadnuty ostatní počáteční parametry řezu (tloušťka řezu t_0 , velikost úhlu sklonu nože k ose příze φ_0 , úhel ψ_0 , který svírá převažující směr elementů vláken v řezu s osou x souřadného

systemu, v kterém byly měřeny jednotlivé souřadnice elementů vláken a souřadnice těžišť horní a dolní řezné roviny x_{Thd} , y_{Thd}).

Výpočty základních výše uvedených parametrů a postup zpracování jsou uvedeny podrobněji v pramenech [4], [10].

Výstupem z matematického zpracování šikmého řezu je textový soubor s migračními charakteristikami a poloměrem r_i , který je střední vzdáleností mezi horním a dolním koncem elementu vlákna.

Všechny soubory z vyhodnocování elementu vlákna, data o úhlu α a β jsou pak dále vyhodnoceny pro získání radiálního průběhu úhlu α , absolutní hodnoty α a úhlu β (viz. kap. 2.3, popis obr. 3). Zpracování probíhá pomocí programu **SR1.m** v MatLabu, kde kolmý řez je rozdělen do určitého počtu mezikruží, dle poměru hodnoty působivé nejvzdálenějšího vlákna a průměru vlákna D zvětšeného o $1/\cos(\beta_{max})$, kde β_{max} je maximální úhel sklonu elementu vlákna k ose příze v dané přízi).

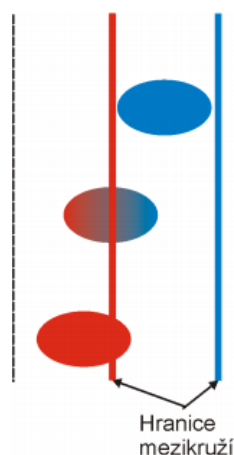
Ekvivalentní průměr vlákna je vypočten dle známého vztahu:

$$D_{vlákna} [mm] = 2 \sqrt{\frac{T_{vlákna} 10^{-6}}{\pi \rho}} \quad (5)$$

$T_{vlákna}$ - jemnost vlákna v [tex]

ρ - hustota vlákenného materiálu [$kg \cdot m^{-3}$]

Na obr. 12 je ukázán princip započítávání vláken do jednotlivých mezikruží, barva řezu vlákna patří k barvě hranice mezikruží. V této fázi jedinými vstupními parametry, jsou průměr vlákna (vztah (5)) a skutečný zákrut příze (slouží pro výpočet ideálního průběhu úhlu β).



Obr. 12: Princip začleňování vláken do mezikruží [10].

V jednotlivých mezikružích jsou vypočteny obecné statistické hodnoty (započítání vah jednotlivých vláken v řezu dle jejich délky, a 95%-ní interval spolehlivosti jako parametr rozptýlení. Pro určení míry šroubovicové uspořádanosti vláken v přízi je prováděno porovnání s ideálním šroubovicovým modelem (IŠM) pomocí odchylky středních hodnot experimentálních α od nulové hodnoty pro IŠM a korelace středních hodnot experimentálních β se vztahem (2), kap. 2.2. Provádí se výpočet relativních četností, sestavení hustoty pravděpodobnosti a empirické distribuční funkce v každém intervalu. Součástí vyhodnocovacího programu **SR1.m** vytvořeného v programu MatLab je grafický a datový výstup a protokol s výsledky. Podrobnější popis statistického zpracování dat v programu MatLab je uveden v pramenech [4],[10].

Grafický výstup:

- radiální průběh úhlu α , vyšetřování rozdělení v jednotlivých mezikružích;

radiální průběh absolutní hodnoty úhlu;

radiální průběh úhlu β , vyšetřování rozdělení v jednotlivých mezikružích

Datový výstup:

- vážený průměr úhlu α , směrodatná odchylka a interval spolehlivosti v jednotlivých mezikružích;
- vážený průměr absolutní hodnoty úhlu β , směrodatná odchylka a interval spolehlivosti v jednotlivých mezikružích;
- vážený průměr absolutní hodnoty úhlu β , směrodatná odchylka a interval spolehlivosti v jednotlivých mezikružích + radiální průběh úhlu β dle IŠM.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

8 Laboratorní přístup

8.1 Příprava vzorků pro zpracování.

Jak již bylo uvedené v teoretické části práce, byly zpracovány 3 druhy 100% VS příze, které se liší od sebe v rámci technologie - prstencová, rotorová, Vortex.

Základní parametry zkoušených přízí

Typ příze VS	Prstencová	Vortex	Rotorová
Průměr vlákna[μm]	12	12	12
Hustota vláken[kg/m^3]	1500	1500	1500
Jemnost příze[tex]	17,3	16,5	16,5
Zákrutový koeficient[$\text{m}^{-1} \cdot \text{ktex}^{2/3}$]	62	68	68
Zákrut příze[m^{-1}]	926	1050	1050

Pro popis chování vláken v přízovém tělese byly zvoleny migrační charakteristiky α , β (viz kap. 2.3). Program **SR1.m** spočítá v MatLabu obecné statistické polohy pro α a β , pro α jsou to:

1. poloměr [μm]
2. průměrná hodnota α
3. směrodatná odchylka α
4. 95%-ní interval spolehlivosti jako parametr rozptýlení
5. variační koeficient α

pro β jsou to:

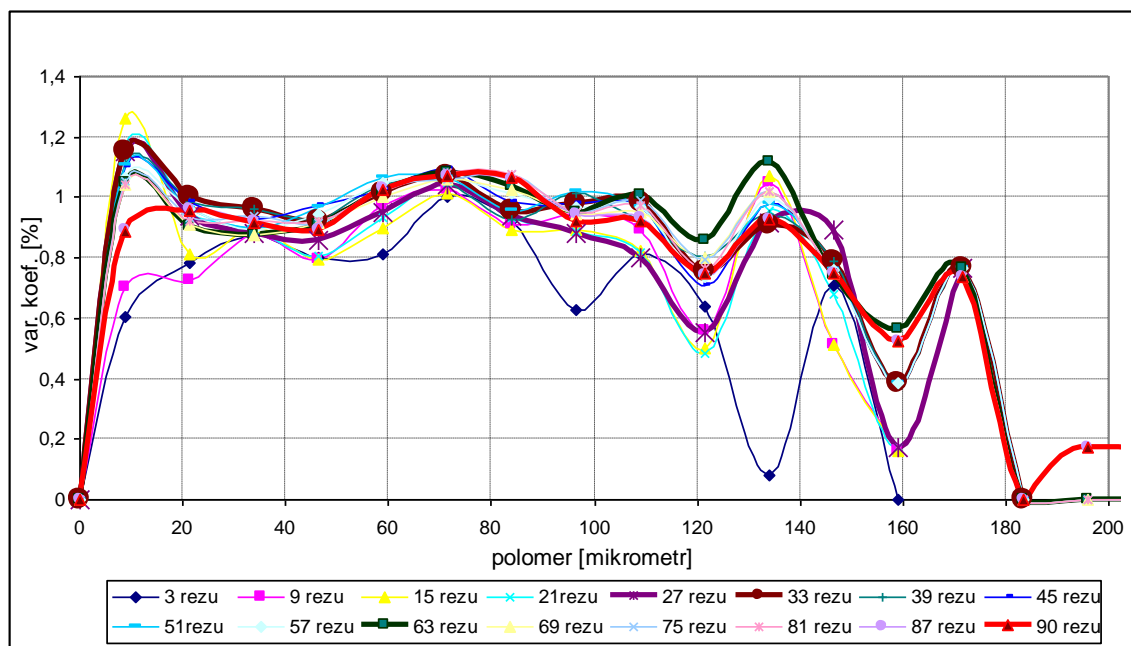
1. poloměr [μm]
2. průměrná hodnota β
3. směrodatná odchylka β
4. 95%-ní interval spolehlivosti jako parametr rozptýlení
5. hodnoty β podle IŠM
6. variační koeficient β

9 Určení nezbytného počtu řezů pro popis vnitřní struktury příze

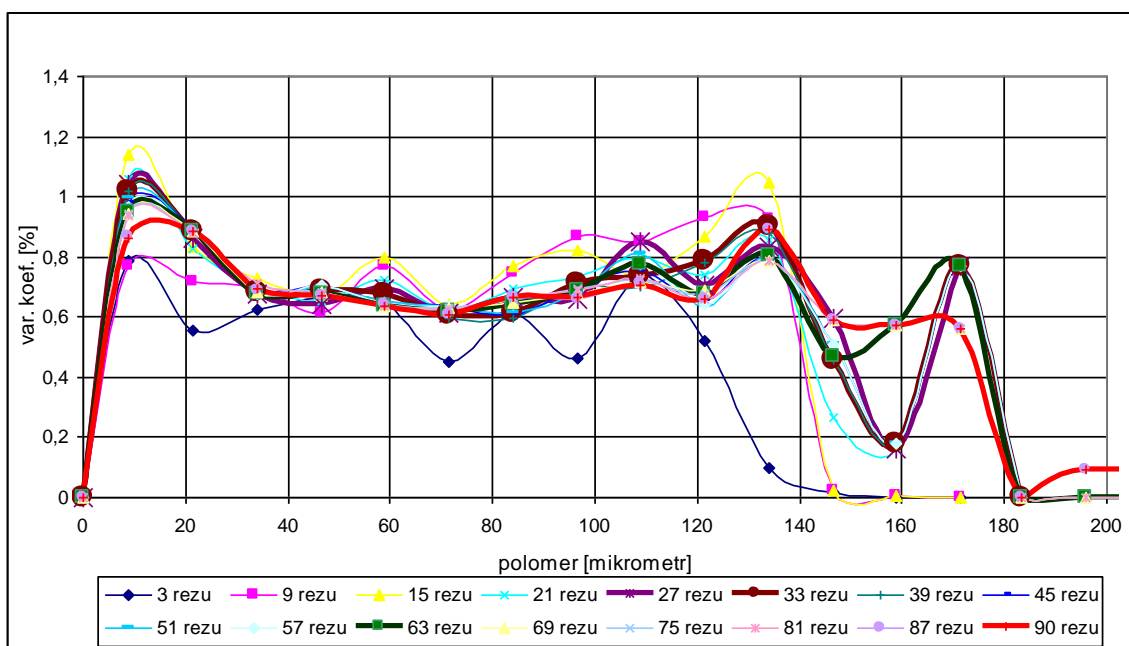
Cílem následující kapitoly je porovnat změny variačního koeficientů migračních charakteristik v závislosti na počtu řezů.

Bylo rozhodnuto vytvořit tzv. fiktivní přízi, která se skládá z 3 typů přízí současně. Každá křivka na obrázcích obsahuje informaci o 3 typech příze a ukazuje, jak se mění variační koeficient v závislosti na počtu přidávaných řezů. Například, pro sestavení křivky pro 3 řezy (obr. 13) bylo zadáno do programu **SR1.m** v MatLabu 1 řez od prstencových přízí, 1 řez od rotorových a 1 od Vortex. Další křivka obsahuje již 9 řezů – 3 od každého typu atd. Každý obrázek obsahuje 16 křivek. Bylo rozhodnuto přidávat po 6 řezech, aby grafy byly víc rozpoznatelné.

Protože variační koeficient je definován jako podíl směrodatné odchylky a absolutní hodnoty – v našem případě průměru hodnoty α a β a nemůže být záporný, grafy byly sestaveny jenom pro absolutní hodnoty α a β (obr. 13, 14).



Obr. 13 Změna variačního koeficientu absolutní hodnoty α v závislosti na počtu řezů fiktivní příze.

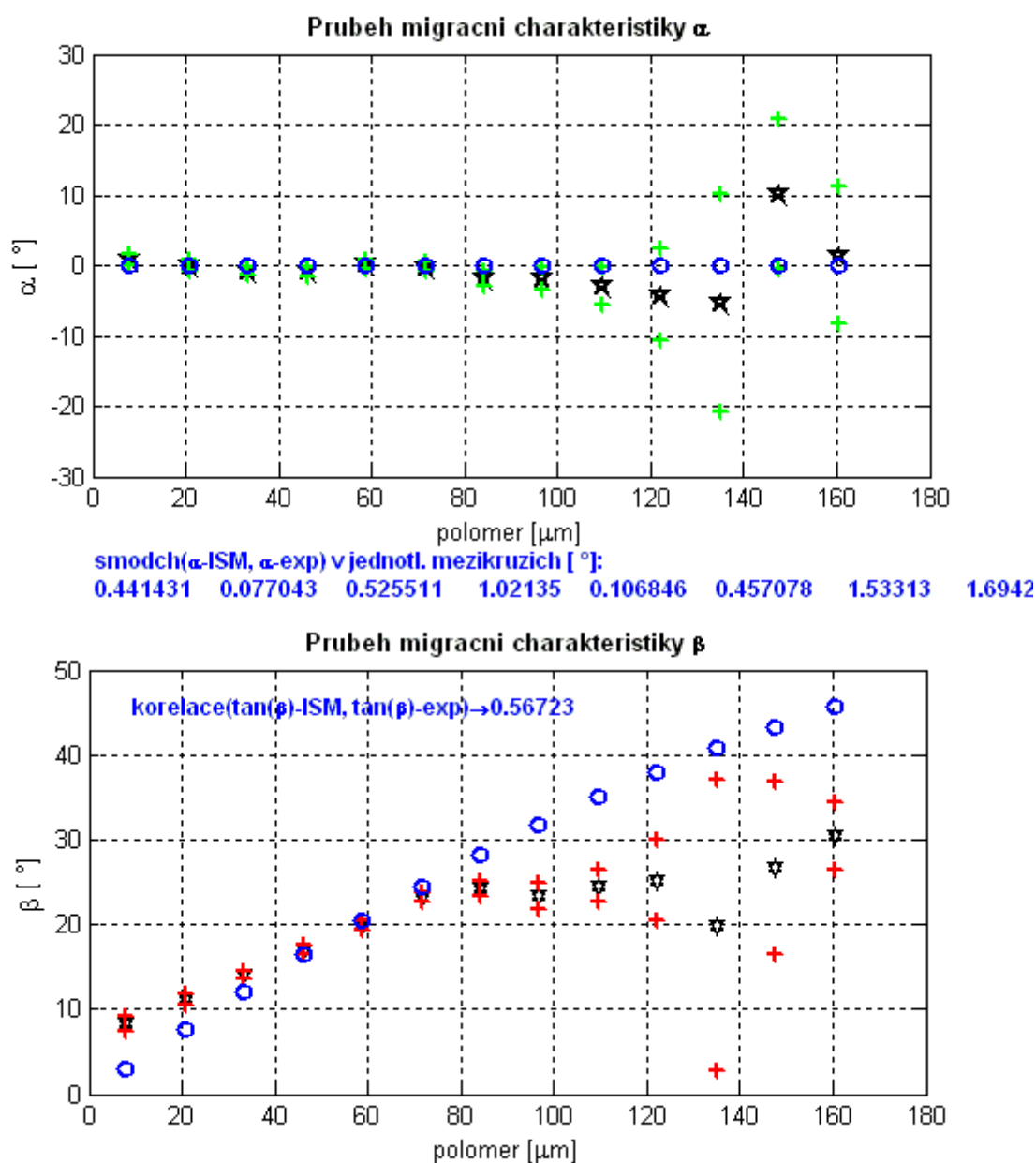


Obr. 14 Změna variačního koeficientu hodnoty β v závislosti na počtu řezů fiktivní příze.

Zanedbáme-li oblast chlupatosti, která přibližně leží v intervalu od 120 μm a dál, lze vidět, jak se grafy na jednotlivých úsecích dokonce slučují. Se zvyšujícím se počtem řezů klesá kolísání hodnot pro každé množství řezů, jak ukazuje obr. 14. Tučné křivky nám ukazují hodnoty pro 27, 33, 63 a 90 řezů. Je také vidět, že mezi grafy není žádný výrazný rozdíl. Soustředíme-li se v našem případě na nejdůležitější úsek – od 20 do 120 μm , který popisuje právě vnitřní strukturu příze, lze posoudit, že 30-33 řezů je postačujících pro popis chování vláken v celém objemu příze.

10 Porovnání migračních charakteristik

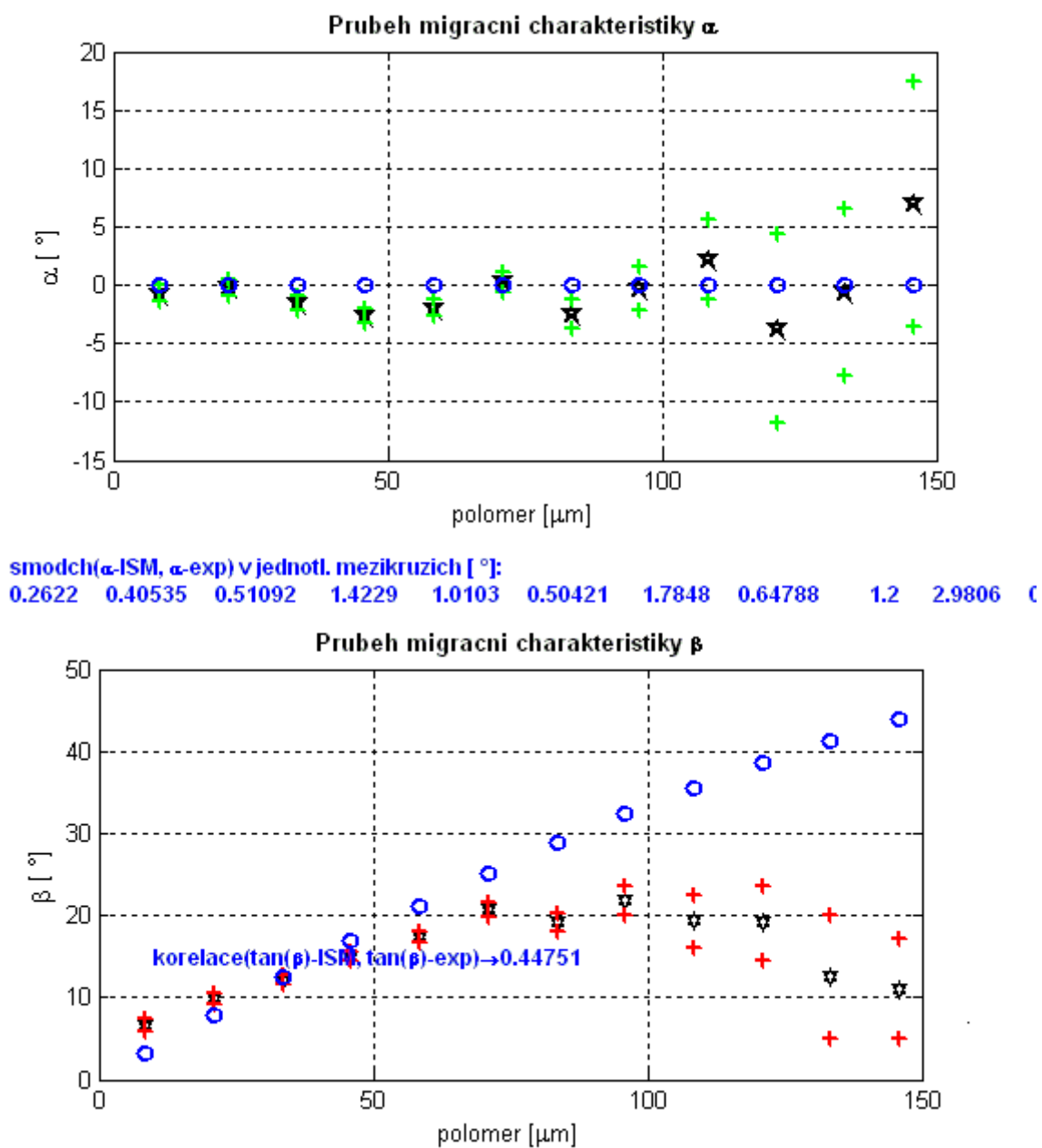
Ukazatelem přesnosti výstupu pro migrační charakteristiky v jednotlivých mezikružích jsou směrodatné odchylky od hodnoty průměrné. Příklad průběhu středních hodnot a intervalů spolehlivosti (zelené a červené křížky na obr. 15-17) migračních charakteristik α a β v jednotlivých mezikružích pro prstencovou VS příze je uveden na obr. 15.



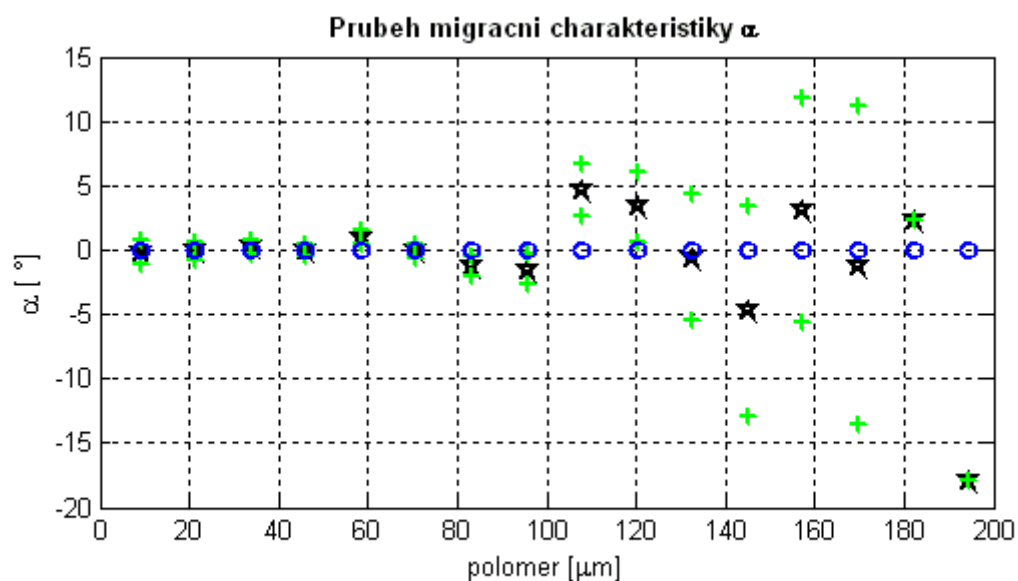
Obr. 15 Průběhy středních hodnot migračních charakteristik α a β a intervalů spolehlivosti pro VS prstencovou přízi.

Průběhy jsou doplněny o znázornění charakteristik α a β pro IŠM (kap. 2.2) – modré kroužky. Číselně je v grafech (viz obr. 15-17) vyjádřeno srovnání skutečných a ideálních úhlů α a β ; pro úhel α prostřednictvím odchylek v každém mezikruží, pro úhel β proběhlo srovnání šroubovicového ideálu a skutečnosti pomocí korelačního koeficientu. Do komparace byly zahrnuty i periferní oblasti (předpokládaná chlupatost), které v případě vyhodnocování komparace úhlu β mohou korelační koeficient snižovat.

Průběhy migračních charakteristik pro přízi rotorovou:

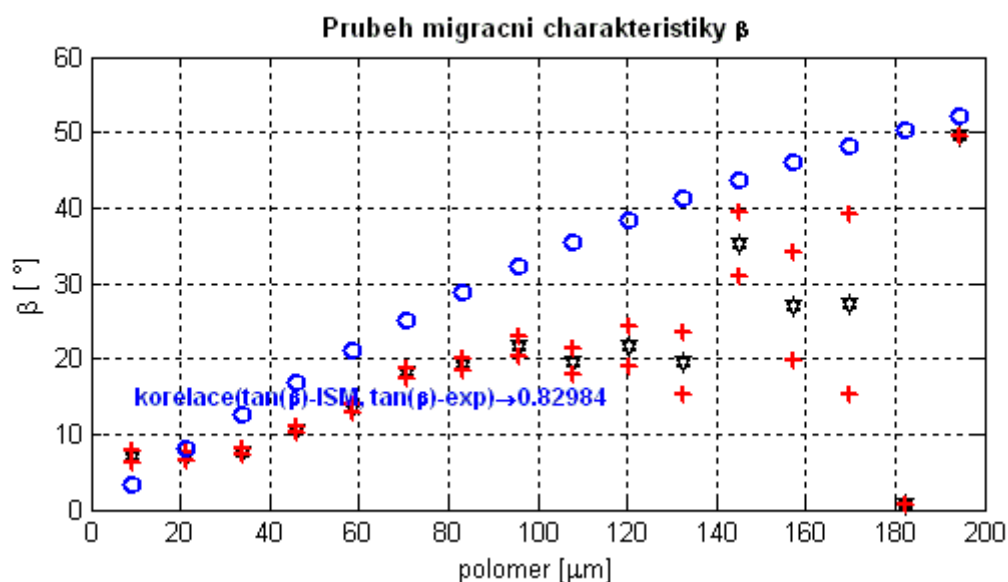


Obr. 16 Průběhy středních hodnot migračních charakteristik α a β a intervalů spolehlivosti pro VS rotorovou přízi.



smodch(α -ISM, α -exp) v jednotl. mezikruzich [°]:

0.124747 0.00682811 0.194705 0.265388 0.96163 0.129789 0.607069 0.595194 2.6

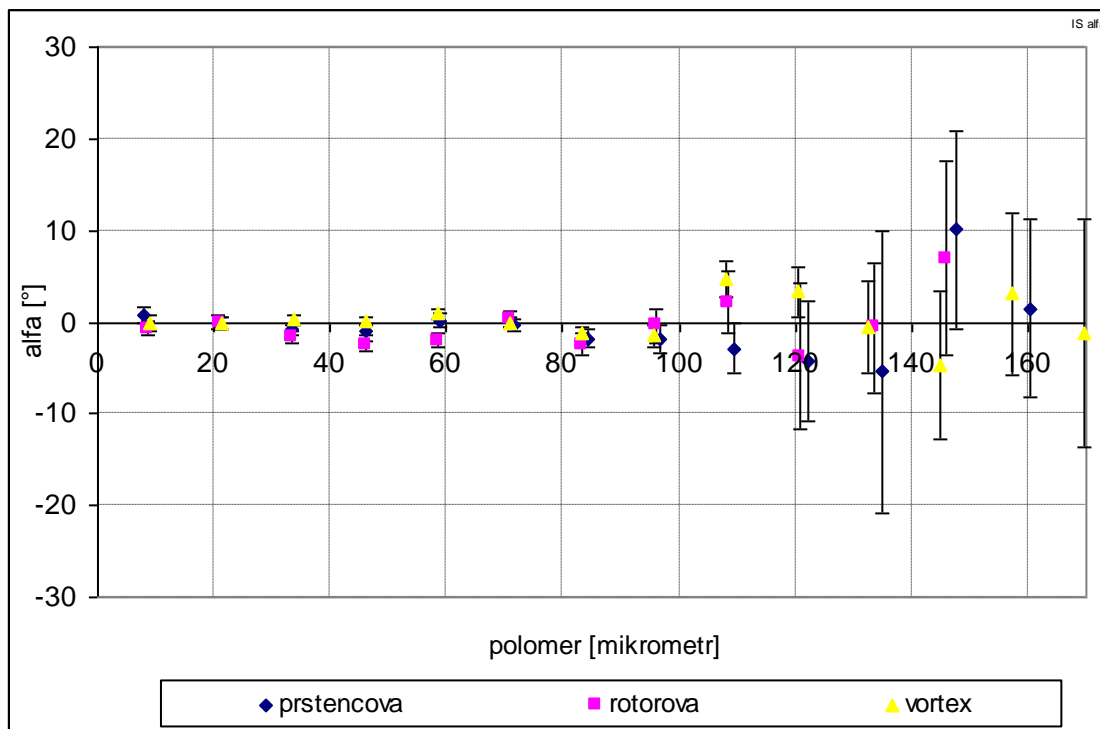


Obr. 17 Průběhy středních hodnot migračních charakteristik pro α a β a intervalů spolehlivosti v jednotlivých mezikruzích pro VS Vortex přízi.

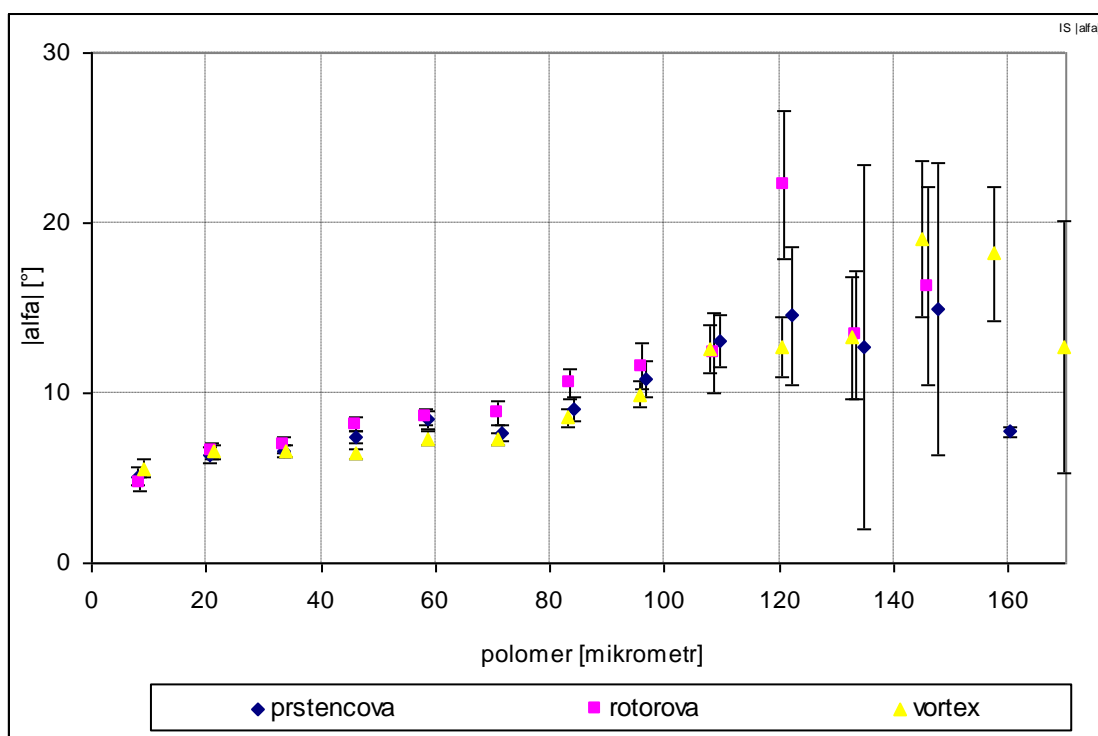
Dobrym ukazatelem míry šroubovicového uspořádání vláken u 3 typů příze je výsledek komparace empirických hodnot migračních charakteristik s hodnotami pro ideální šroubovicový model. Jak z hlediska hodnot odchylek (pro komparaci α), tak pro případ hodnot korelačního koeficientu u úhlu β nejlepší shodu ukazuje prstencová příze, pak příze rotorová a na posledním místě v míře uspořádanosti vláken je příze Vortex.

11 Míry rozptýlení hodnot migračních charakteristik α a β

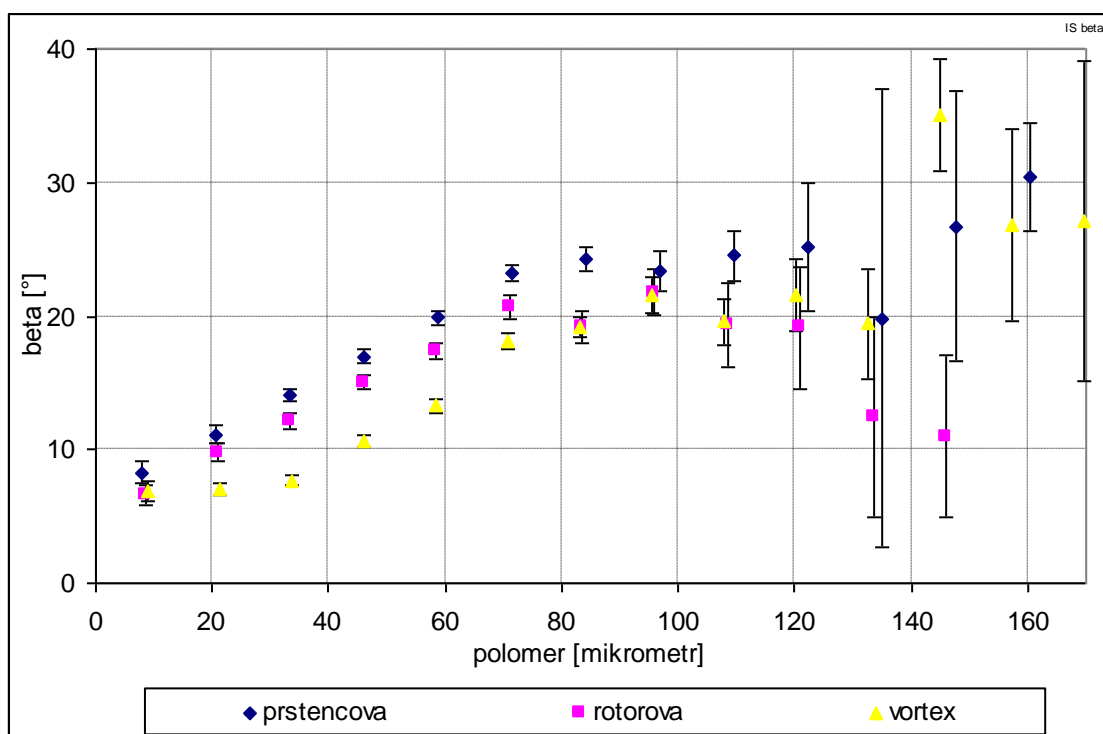
V této kapitole uvidíme porovnání parametrů α a β prostřednictvím 95%-ních intervalů spolehlivosti a dále uvedené grafy nám ukazují rozptýlení hodnot v rámci technologií.



Obr. 18 Srovnání průběhu parametru α v rámci různých technologií.



Obr. 19 Srovnání průběhu parametru $|\alpha|$ v rámci různých technologií.



Obr. 20 Srovnání průběhu parametru β v rámci různých technologií.

Podíváme-li se na úhel α , je viditelné, že intervaly spolehlivosti se překrývají. Výjimkou jsou hodnoty od 20 do 60 μm . V případě úhlu β , když se podíváme na nosnou oblast příze, která nás zajímá nejvíc, na useku od 0 do 100 μm vznikají statisticky

významné rozdíly mezi různými typy příze, což potvrzuje významný vliv technologie na vnitřní uspořádání příze. Na poloměrech od 120 do 140 μm pro úhel α a β nejvyšší míru rozptýlení hodnot ukazuje příze prstencová, která pak ustupuje Vortexu. Také lze vidět, jak se liší úhly mezi sebou u různých přízí, a jak se liší hodnota úhlu β u Vortex od rotorové a prstencové příze.

12 Diskuze

Prostřednictvím dané metody zkoumání vnitřní struktury přízí jsme získaly následující výsledky:

- Optimální počet šikmých řezů pro přibližnou představu o vnitřní struktuře příze 30-33 řezů, pro výpočty v MatLabu bylo použito 30 řezů.
- Do jaké míry odpovídají IŠM zkoumané typy příze z hlediska technologií výroby při porovnávání migračních charakteristik α a β .

V rešeršní části práce (kap. 6.5) byly uvedené předpoklady o struktuře 3 druhů studovaných vzorků na základě teoretických znalostí převzatých od různých zdrojů. V praktické části byly porovnané získané reálné výsledky s teorií. Předpoklady o migračních charakteristikách α (z hlediska hodnot odchylek) a β (pro případ hodnot korelačního koeficientu) se shodují s výsledky – prstencová příze nejvíce odpovídá IŠM v míře uspořádanosti vláken. Co se týče přízi Vortex, výsledek vyšel dle předpokladu.

Vše lze vidět na grafu pro úhel β (obr. 17, 20), hodnota úhlu β na úseku od ~ 10 až 40 μm je téměř stejná, ale není nulová jak to ukazuje graf v kap. 6.5, obr. 11.

To je způsobeno tím, že příze Vortex sice má strukturu představující rovnoběžný svazek vláken ovinutý jinými vlákny ve tvaru šroubovice (obr. 10, c), kap. 6.4), ale zrovna kvůli tomuto ovinutí vlákna ve vnitřním „rovnoběžném“ svazku budou mít nepatrně skloněný tvar vůči ose přízového tělesa.

Rotorová příze má větší hodnoty odchylek α než prstencová a pokles hodnot úhlu β se objevuje na menším poloměru a spolu s tím je daleko výraznější v porovnání s prstencovou, což odpovídá předpokladu, uvedenému v rešeršní části, kap. 6.3, str. 9.

- Míry rozptýlení hodnot z hlediska sestavení 95 % IS na jednotlivých poloměrech (obr. 18 - 20)

Jak již bylo řečeno v kap. 11, intervaly spolehlivosti dovolují porovnat, zda technologie výroby má vliv na strukturu příze. Podle míry rozptýlení největší chlupatost má příze prstencová, pak příze Vortex a na posledním místě je rotorová příze.

13 Závěr

Každý druh studované příze má své výhody a nedostatky.

Prstencová příze nejvíce odpovídá IŠM, a je zkroucena po celé délce, její hlavní vlastností je vysoká pevnost. Klasický dopřádací systém je zdlouhavý proces z nízkou výrobností. Použití rotoru zvyšuje efektivitu výroby, ale odráží se na kvalitě výrobku – nižší tažnost a pevnost. Výsledkem může být méně odolná a méně pružná textilie.

Pramen č. 8 reprezentuje přízi Vortex, která má nižší chlupatost, vyšší absorpci vlhkosti, a během kratší doby dovoluje vyrábět kvalitnější textilie s vyšší odolností vůči praní a žmolům.

Prstencová technologie dopřádání vyžaduje méně kvalifikované pracovní síly pro obsluhování dopřádacích systémů. Navíc k tomu náhradní díly pro prstencové dopřádací stroje jsou snadno dostupné a jsou poměrně levné. Bezvřetenové a "vzduchové" předení vyžaduje vyšší spotřebu energie, kvalifikovanější pracovní síly a dražší technologie.

Vývoj nových technologií způsobuje rozvoj nových metodik pro studium vnitřní a vnější struktury příze a textilií a jednou z nich je metodika šikmých řezů. Pomáhá lépe poznat, jaký vliv má technologie výroby na vnitřní strukturu příze – převedším směrové uspořádání vláken pomocí porovnávání popsaných migračních charakteristik s navrženým ideálním modelem. Experiment byl proveden na základě práce, viz [4], s cílem lépe prozkoumat vnitřní strukturu přízového tělesa a ověření funkčnosti metody šikmých řezů. Daná práce popisuje nový přístup k popisu směrového uspořádání vláken z hlediska laboratorního přístupu na vybraných vzorcích a následujícího statistického zpracování dat. Získané výsledky z dané metodiky ukázaly, správnost předpokladů představených v rešeršní části. Ačkoliv metodika je relativně nová, je možné říci, že je užitečná pro sestavení představy o „chování“ vláken u různých typů příze. Díky své relativní časové nenáročnosti, může být metodika použita v následujících výzkumných pracích, které se budou zabývat vnitřní strukturou příze.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Neckář, B.: *Příze – Tvorba, struktura, vlastnosti*. Praha: SNTL, 1999
2. Neckář, B.: „Šroubovicový model“ – Příze a hedvábí 2, TU Liberec, katedra textilních technologií, přednáška č. 5, str. 2,4
3. Guldemet B., Oxenham W.: *Effects of some Process Parameters on the Structure and Properties of Vortex Spun Yarn*. Textile Research Journal, 2006, str. 4.
4. Vyšanská, M.: *Metodika šikmých řezů– přístup k morfologické diagnostice příze*. Liberec, leden, 2006.
5. Shinohara T., Takayama J., Ohyama Sh., Kobayashi A.: *Extraction of yarn positional information from a three-dimensional CT image of textile fabric using yarntracing with a filament model for structure analysis*. Textile Research Journal, 2010, str. 3, 7, 8.
6. Neckář, B., Kumar, S.M., Das D.: *Modelling of Radial Fiber Migration in Yarns*. Textile Research Journal, 2006, str. 3.
7. Usríny, P.: *Předení II*. Liberec, 2001.
8. Dostupné z http://www.muratec-vortex.com/1_1.html, [citováno 18-03-2013].
9. Křemenáková, D.: *Systém projektování textilních struktur*
http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.1_zaverecne_zpravy/%5B1.1.03%5D.pdf, [citováno 2013-03-18], obrázek č.1.3, str 10.
10. Vyšanská, M.: *Směrové uspořádání vláken v přízi – šikmé řezy přízí*. Liberec, 2009. Interní norma č. 22-109-02/01.